

# EL RIESGO DE ACCIDENTE POR DESLIZAMIENTO EN LOS SUELOS DE LOS EDIFICIOS EXISTENTES

## *La Resbaladicidad como Patología y el Ensayo del Péndulo de Fricción*

Juan Queipo-de-Llano-Moya<sup>1</sup>  
jqueipo@ietcc.csic.es

Elena Frías-López<sup>1</sup>  
efrias@ietcc.csic.es

Federico García-Erviti<sup>2</sup>  
federico.garcia@upm.es

### Resumen

El Código Técnico de la Edificación (CTE) aprobado en 2006 reguló por primera vez el riesgo de caída debido al deslizamiento de los suelos (Documento Básico SUA Seguridad de utilización y accesibilidad).

En el CTE se optó por utilizar el ensayo del péndulo descrito en la norma UNE ENV 12633 y que se realiza en húmedo. No sólo existen muchos otros ensayos, como el ensayo de la rampa, deslizadores dinámicos y estáticos, etc., sino que el propio ensayo del péndulo presenta variaciones entre las distintas normas en las que están descritos, entre otros aspectos, las distintas gomas para la zapata, las condiciones en seco o húmedo, el distinto número de medidas o el número de muestras.

En edificios existentes es habitual encontrar suelos que presentan muy baja resistencia al deslizamiento, o que la han perdido con el tiempo, y que son frecuentes causas de accidentes. El ensayo del péndulo tiene la ventaja de que permite su realización “in situ” sobre suelos existentes, pero algunas consideraciones siguen debatiéndose en la literatura científica: ¿Es razonable ensayar siempre en condiciones húmedas o sería más apropiado ensayar en seco? ¿Son las distintas gomas igualmente apropiadas? ¿Cuál es la relación entre la rugosidad superficial del pavimento y el valor del péndulo de fricción?

El objetivo de la investigación que se está llevando a cabo es analizar las fortalezas y debilidades del método de ensayo del péndulo de fricción en suelos pulidos, y la influencia de algunos de los parámetros mencionados con el objeto de que esta información pueda servir para optimizar el ensayo.

**Palabras-clave:** Resistencia al deslizamiento, Péndulo de fricción, Riesgo.

---

<sup>1</sup> Arquitecto, Instituto de ciencias de la construcción Eduardo Torroja, CSIC

<sup>2</sup> Dr. Arquitecto, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, UPM

## 1 Un riesgo importante

Aunque las consecuencias de un deslizamiento en muchos casos son leves, el número de accidentes de este tipo es tan elevado que en términos globales lo convierte en un riesgo de importancia significativa. En algunas ocasiones estos accidentes pueden llegar a tener consecuencias graves. En la tabla 1 figuran algunos datos estadísticos sobre ello.

Tabla 1: Datos estadísticos sobre caídas

PAÍS	Datos sobre caídas
A nivel mundial	Origen de entre el 20 % y el 40 % de los problemas de incapacidad en el mundo desarrollado [1]
Suecia	40% de los 4000 accidentes fatales anuales [2] 26% de los 3 millones de días de trabajo perdidos [2]
Reino Unido	75.000 accidentes con más de 3 días de pérdida de trabajo [3]
Estados Unidos	Segunda causa de accidente mortal [4] Primera en personas de más de 79 años [4] 9.600 muertes anuales y 1.600.000 heridos con secuelas [5]
España	51,1% de los accidentes domésticos y de ocio son caídas, de las que 2/3 se producen al mismo nivel [6]

## 2 La resistencia al deslizamiento en el marco normativo actual

La *Directiva de productos de construcción* (Directiva 89/106 CEE) que data de 1989, estableció una serie de requisitos esenciales entre los que se encontraba el de Seguridad de Utilización, dentro del cual se incluyó el riesgo de deslizamiento. En su correspondiente documento interpretativo vemos que no sólo se estableció claramente la necesidad de establecimiento de un método de ensayo, que además en la medida de lo posible debería ser único, sino que se aludió a la necesidad de tener en cuenta el estado de la superficie.

En el *Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación* (BOE 28 de marzo de 2006) se regula por primera vez el riesgo de caída debido al deslizamiento de los suelos. El *Documento Básico SUA de Seguridad de utilización y accesibilidad* incorpora un apartado en la sección SUA 1 “Seguridad frente al riesgo de caídas” que establece condiciones a los suelos de los edificios en relación con su resistencia al deslizamiento.

Los principales problemas detectados en su aplicación están relacionados con la limitación casi total de disponer suelos pulidos en zonas secas del edificio debido a que el ensayo se realiza siempre en condiciones húmedas, en las

cuales los suelos pulidos tienen un comportamiento bastante deficiente. Para solucionar este problema, en un *Documento de Apoyo DA DB SUA/3 Resbaladizidad* publicado por el Ministerio de Fomento se ha incluido la posibilidad de ensayar en seco los suelos de zonas secas del edificio.

### 3 El ensayo del coeficiente de fricción

#### 3.1 Métodos de ensayo

Uno de los problemas más tratados además del relativo a la relación entre el riesgo y el coeficiente de fricción del suelo, es la propia medida de este coeficiente. En este sentido existen bastantes ensayos, cada uno con sus virtudes y sus defectos. A pesar de estas pequeñas diferencias, se considera que una medida de la resistencia al deslizamiento es la forma más útil de establecer la contribución del suelo al riesgo de deslizamiento.



Figura 1: Parámetros que influyen en el riesgo de deslizamiento

Los métodos de ensayo más frecuentemente utilizados son el péndulo de fricción (con distintas gomas) tanto en húmedo como en seco, el método de la rampa, con diversos contaminantes y con pies calzados o descalzos y otro tipo de ensayos, mayoritariamente deslizadores tanto estáticos como dinámicos.

Existen muchos estudios que han comparado varios de estos métodos [3] [7]. Las conclusiones generalmente apuntan, como ya se ha comentado, a diferencias entre los distintos métodos debidas a los distintos funcionamientos de los aparatos. La discusión sobre cuál de los métodos describe con mayor precisión el deslizamiento real de las personas sigue abierta.

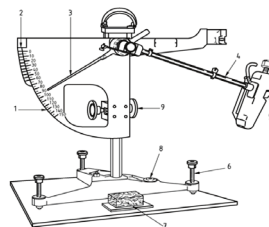


Figura 2: Péndulo de fricción

El método que se escogió en la reglamentación española es el método del péndulo de fricción (Figura 2) descrito en la *norma UNE ENV 12633:2003* debido a que se trata de la única norma que establece un ensayo genérico, independiente del material.

### 3.2 El problema de ensayar en seco

La decisión de incluir el ensayo en seco viene motivada por la voluntad de resolver el problema que supone para los suelos pulidos realizar el ensayo en condiciones húmedas. Como se ha analizado en estudios anteriores [8] se considera que a pesar de algunas debilidades, el ensayo en seco representa de forma más apropiada el riesgo de deslizamiento en zonas secas del edificio.

Otro de los problemas estudiados en la literatura científica, relacionado con el ensayo en seco es el riesgo que supone la presencia de contaminantes sólidos. En efecto, una de las principales debilidades del ensayo en seco es que se realiza con el suelo limpio, mientras que durante el uso del edificio se da inevitablemente la presencia de contaminantes sólidos (polvo, suciedad, etc.) que pueden modificar de forma significativa la resistencia al deslizamiento de los suelos. Aunque esto es cierto, en algunos países como Australia o Nueva Zelanda se ha optado por mantener dicho ensayo con las advertencias y precauciones necesarias, frente a otras opciones que eliminan esta debilidad a costa de perder representatividad de las condiciones en las que se produce el riesgo.

Por otro lado, existe un debate científico sobre la conveniencia de establecer como ensayo el péndulo en seco. Mills et al. [9] sostienen que los valores del ensayo en seco aumentan cuando se reduce la rugosidad del material, lo que daría lugar a la inclusión de suelos peligrosos. Otros artículos indican que el ensayo del péndulo es fiable y apropiado tanto en seco como en húmedo [10].

## 4 Ensayos de rugosidad

Uno de los objetivos de la presente investigación consiste en ensayar la rugosidad de las mismas muestras del estudio anterior [8], que todavía se conservan. Para ello se está utilizando un rugosímetro Mitutoyo Surftest SJ-210, el mismo que se utiliza en Mills et al. [9].

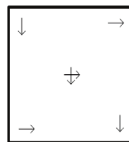


Figura 3: Dirección y situación de los ensayos de rugosidad sobre cada muestra

En primer lugar es importante señalar que no se han podido recuperar la totalidad de las muestras. Se dispone de 277 muestras de 57 pavimentos distintos. De cada una de ellas se realizan 6 medidas de rugosidad, 3 en cada dirección y tratando de que estén repartidas en la pieza. En la Figura 3 se muestra la dirección y situación aproximada de las medidas realizadas en cada muestra.

Los ensayos se están realizando en un orden convenientemente aleatorizado para evitar posibles efectos de autocorrelación y distribuir entre los distintos materiales las fuentes de variación no controladas.

De cada muestra ensayada se está elaborando una ficha (Figura 4), clasificada por la familia a la que pertenece la muestra, e incluyen datos descriptivos de la misma, los resultados del ensayo del péndulo de esa misma muestra, siempre en seco, y cuando se dispone también en húmedo, con las dos gomas que se utilizan en este ensayo (57 y 96); y por último los 6 perfiles de rugosidad medidos, así como los valores de los parámetros de rugosidad escogidos para cada uno de ellos:  $R_a$ ,  $R_q$  y  $R_z$ , que son los habitualmente utilizados en la literatura científica en relación con el deslizamiento.

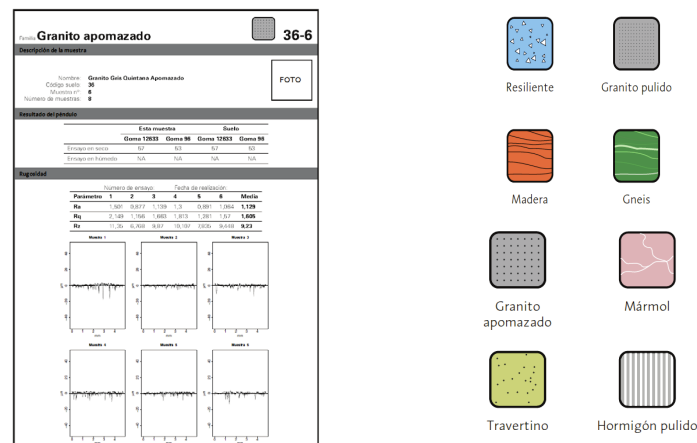


Figura 4: Ficha de recogida de datos y familias de materiales

## 5 Conclusiones

En estos momentos se están realizando los ensayos, por lo que no se tienen datos concretos más allá de la planificación de la campaña y los resultados parciales obtenidos. Estos resultados parecen indicar que la correlación entre rugosidad y péndulo mejora cuando se analizan los materiales por familias.

Tal y como se estudió en el trabajo anterior parece razonable ensayar en condiciones secas pavimentos que se van a disponer en zonas secas del edificio. Para validarlo completamente, es necesario confirmar o rechazar la hipótesis expuesta [9] de que los suelos con muy baja rugosidad obtienen altos valores con el ensayo del péndulo en seco. Los datos observados hasta el mo-

mento rechazan esta hipótesis al obtener bajas rugosidades para pavimentos con bajos valores en el ensayo del péndulo en seco.

Respecto a las gomas, se aprecian diferencias significativas entre los resultados de los ensayos realizados con cada una de ellas que será necesario estudiar, tanto en húmedo como en seco. Por ejemplo, se ha observado que los resultados en húmedo para los distintos materiales obtenidos con la goma 96 suelen ser inferiores a los obtenidos con la goma 57, cuando ocurre lo contrario al ensayar en seco, en los que son superiores.

El objetivo final es estudiar la posible correlación entre los parámetros de rugosidad y los ensayos con el péndulo en todas sus modalidades (seco-húmedo, goma 96-goma 57) para suelos pulidos. Esto permitiría conocer el comportamiento del suelo mediante ensayos de rugosidad, más sencillos y menos costosos que los del péndulo.

## 6 Bibliografía

- Beschorner, K. E. et al. Effects of slip testing parameters on measured coefficient of friction. *Applied Ergonomics* 38(6), 2007, pp. 773-780
- Strandberg, L.; Lanshammar, H. The dynamics of slipping accidents. *Journal of Occupational Accidents* 3(3), 1981, pp. 153-162
- Proctor, T. D.; Coleman, V. Slipping, tripping and falling accidents in Great Britain – present and future. *Journal of Occupational Accidents* 9(4), 1988, pp. 269-285
- Lin, L. et al. Slip and fall accident prevention: A review of research, practice, and regulations. *Journal of Safety Research* 26(4), 1995, pp. 203-212
- Barnett, R. L. Slip and fall theory—extreme order statistics. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics* 8(2), 2002, pp. 135-158
- Programa de prevención de lesiones: Detección de accidentes domésticos y de ocio 2011. Instituto Nacional de Consumo. 2012
- James, D. I. Slip resistance tests for flooring: Two methods compared. *Polymer Testing* 5(6), 1985, pp. 403-425
- Queipo de Llano Moya, J. y García Erviti, F. *Accidentes en el uso normal de los edificios. El riesgo de deslizamiento en pavimentos de zonas secas*. Jornadas internacionales de investigación en construcción: vivienda : pasado, presente y futuro : resúmenes y actas, 2013.
- Mills, R.; Dwyer-Joyce, R.S. y Loo-Morrey, M. The mechanisms of pedestrian slip on flooring contaminated with solid particles. *Tribology International* 42(3), 2009, pp. 403-412
- Ricotti, R.; Delucchi, M. y Cerisola G. A comparison of results from portable and laboratory floor slipperiness testers. *International Journal of Industrial Ergonomics* 39(2), 2009, pp. 353-357